

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年11月6日 (06.11.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/092060 A1

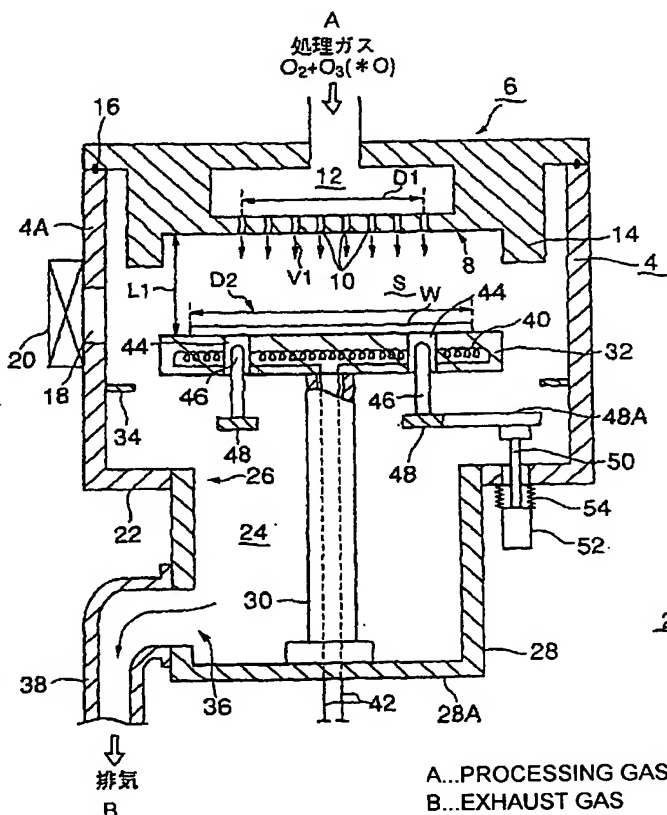
- (51) 国際特許分類: H01L 21/205, 21/31, 21/302
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/05123
- (22) 国際出願日: 2003年4月22日 (22.04.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-123145 2002年4月24日 (24.04.2002) JP
特願2003-28876 2003年2月5日 (05.02.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)

- [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柿本 明修 (KAKI-MOTO, Akinobu) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP). 大下 健太郎 (OSHIMO, Kentaro) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP). 松土 昌彦 (MATSUDO, Masahiko) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 吉武 賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PROCESSING DEVICE USING SHOWER HEAD STRUCTURE AND PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: シャワーヘッド構造を用いた処理装置及び処理方法



(57) Abstract: A processing device, comprising a processing container, a shower head structure provided at the ceiling part of the processing container and having a plurality of gas jetting holes for jetting specified processing gas into the processing container formed in the gas jetting surface thereof facing the inside of the processing container, and a placing stand disposed in the processing container so as to face the shower head structure, wherein a head distance between the gas jetting surface and the placing stand and the blowing speed of gas from the gas jetting holes are set within the range surrounded by connecting, in a square shape with straight lines in a plane coordinate system having the head distance plotted on an abscissa and the gas jetting speed plotted on a coordinate, a point where the blowing speed of the gas from the gas jetting holes at the head distance of 15 mm is 32 m/sec, a point where the blowing speed of the gas from the gas jetting holes at the head distance of 15 mm is 67 m/sec, a point where the blowing speed of the gas from the gas jetting holes at the head distance of 77 mm is 40 m/sec, and a point where the blowing speed of the gas from the gas jetting holes at the head distance of 77 mm is 113 m/sec.

[続葉有]

WO 03/092060 A1



(81) 指定国 (国内): KR, US.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明による処理装置は、処理容器と、前記処理容器の天井部に設けられ、前記処理容器の内部側に面するガス噴射面に所定の処理ガスを前記処理容器内に吹き出す複数のガス噴射孔が形成されたシャワーヘッド構造と、前記処理容器内において、前記シャワーヘッド構造に対向するように配置された載置台と、を備える。前記ガス噴射面と前記載置台との間のヘッド距離と前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度とが、前記ヘッド距離を横軸にとり前記ガス吹き出し速度を縦軸にとった平面座標系において、前記ヘッド距離が15 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が32 m/secのポイントと、前記ヘッド距離が15 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が67 m/secのポイントと、前記ヘッド距離が77 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が40 m/secのポイントと、前記ヘッド距離が77 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が113 m/secのポイントと、を四角形状に直線で結んで囲まれる範囲内に設定されている。

明 細 書

シャワーヘッド構造を用いた処理装置及び処理方法

技 術 分 野

本発明は、半導体ウエハ等の被処理体の処理装置及び処理方法に関する。

背 景 技 術

一般に、所望の半導体集積回路を製造するには、半導体ウエハ等の被処理体に、成膜処理、エッチング処理、熱処理、改質処理、結晶化処理等の各種の枚葉処理が繰り返し行われる。上記した各種の処理が行なわれる場合には、その処理の種類に対応して必要な処理ガス、例えば成膜処理の場合には成膜ガス、改質処理の場合にはオゾンガス等、結晶化処理の場合には N_2 ガス等の不活性ガスや O_2 ガス等、がそれぞれ処理容器内へ導入される。

例えば、半導体ウエハに対して1枚毎に熱処理を施す枚葉式の処理装置では、真空引き可能になされた処理容器内に、例えば抵抗加熱ヒータを内蔵した載置台が設置されている。載置台の上面に半導体ウエハが載置された状態で、所定の処理ガスが処理容器内に導入される。そして、所定のプロセス条件下にて、ウエハに各種の熱処理が施されるようになっている。

ところで、上述のような各種の熱処理を行うにあたっては、生産性を高く維持し且つ製品化後の電気的特性を良好にするために、各熱処理の面内均一性を高くすると共にそのスループットも向上させなければならない。

ここで例えば、キャパシタ等に用いるタンタル酸化膜(Ta_2O_5)の改質処理の場合、真空排気が可能になされた処理容器内へオゾンが導入され、ウエハ表面のタンタル酸化膜が上記 O_3 (オゾン)の存在下でアニール処理されることにより改質される。この改質処理によって、タンタル酸化膜中の炭素成分が CO_2 として取り除かれ、これにより、下地のポリシリコン層とタンタル酸化膜との界面における SiO_2 膜の形成が促進され、電気的特性が向上され得る。また、このような改質処理の効率を上げるために、改質時のウエハ温度やオゾン濃度を十

分に上げることが行われている。

ところで、現在の半導体集積回路の製造工程では、利潤追求のため及び競争率の激化により、更なる生産性の向上が望まれている。しかしながら、上述した改質時の温度には、これに先行する工程で形成されている下地の各層の耐熱性のため、自ら上限温度がある。下地の膜種にもよるが、その上限温度は例えば720℃程度である。従って、スループットを向上させる目的で改質時のウエハ温度を極端に上げることは、現状では困難である。

また、スループットを向上させるために、発生するオゾン濃度を更に上げることも考えられる。しかしながら、オゾン濃度は、オゾン発生器の制約を受けるため、現行のオゾン濃度以上に上げるのは現況において困難である。

発 明 の 要 旨

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、熱処理の面内均一性を低下させることなく高く維持して、熱処理のスループットを向上させることが可能な処理装置及び処理方法を提供することにある。

本発明者等は、熱処理、特にオゾン存在下でのアニールによる改質処理について鋭意研究した結果、シャワーヘッド構造から処理容器内への処理ガスの吹き出し速度をある程度の速い速度範囲内に設定することにより、改質効率を促進させることができる、という知見を得た。

本発明は、処理容器と、前記処理容器の天井部に設けられ、前記処理容器の内部側に面するガス噴射面に所定の処理ガスを前記処理容器内に吹き出す複数のガス噴射孔が形成されたシャワーヘッド構造と、前記処理容器内において、前記シャワーヘッド構造に対向するように配置された載置台と、を備え、前記ガス噴射面と前記載置台との間のヘッド距離（通常、このように被処理体の厚みは無視して規定される）と前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度とが、前記ヘッド距離を横軸にとり前記ガス吹き出し速度を縦軸にとった平面座標系において、前記ヘッド距離が15mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が32m/secのポイントと、前記ヘッド距離が15mmの時ににおける前記ガス噴射

孔からのガス吹き出し速度が 67 m/sec のポイントと、前記ヘッド距離が 77 mm の時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が 40 m/sec のポイントと、前記ヘッド距離が 77 mm の時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が 113 m/sec のポイントと、を四角形状に直線で結んで囲まれる範囲内に設定されていることを特徴とする処理装置である。

本発明により、シャワーヘッド構造のガス噴射孔からのガス吹き出し速度が、シャワーヘッド構造と載置台との間のヘッド距離との関係で最適な範囲内に設定される時、処理の面内均一性が高く維持されたまま処理効率が向上されてスループットを大きくすることが可能となる。

例えば、前記ガス噴射面における前記ガス噴射孔の形成領域は、円形状であり、前記載置台上に載置される被処理体も、円形状である。

この場合、好ましくは、前記ガス噴射面における前記ガス噴射孔の形成領域の直径は、前記被処理体の直径に対して、同一あるいは小さく設定されている。ガス噴射孔の形成領域の直径を被処理体の直径よりも小さく設定することで、処理の面内均一性を一層向上させることが可能となる。

特に好ましくは、前記ガス噴射面における前記ガス噴射孔の形成領域の直径は、前記被処理体の直径の $70\sim 100\%$ である。

好ましくは、前記処理ガスは、前記被処理体の表面に形成されている金属酸化膜を改質するためのオゾン含有ガスである。

また、好ましくは、前記金属酸化膜は、タンタル酸化膜である。

また、本発明は、処理容器と、前記処理容器の天井部に設けられ、前記処理容器の内部側に面するガス噴射面に所定の処理ガスを前記処理容器内に吹き出す複数のガス噴射孔が形成されたシャワーヘッド構造と、前記処理容器内において、前記シャワーヘッド構造に対向するように配置された載置台と、を備えた処理装置を用いて、被処理体に所定の処理を施す方法であって、前記ガス噴射面と前記載置台との間のヘッド距離と前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度とを、前記ヘッド距離を横軸にとり前記ガス吹き出し速度を縦軸にとった平面座標系において、前記ヘッド距離が 15 mm の時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が 32 m/sec のポイントと、前記ヘッド距離が 15 mm の時ににおける前

記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が 67 m/sec のポイントと、前記ヘッド距離が 77 mm の時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が 40 m/sec のポイントと、前記ヘッド距離が 77 mm の時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が 113 m/sec のポイントと、を四角形状に直線で結んで囲まれる範囲内に設定する工程と、前記載置台上に被処理体を載置する工程と、前記ガス噴射孔から前記処理容器内に前記処理ガスを導入する工程と、を備えたことを特徴とする処理方法である。

好ましくは、前記処理ガスは、前記被処理体の表面に形成されている金属酸化膜を改質するためのオゾン含有ガスである。

また、好ましくは、前記金属酸化膜は、タンタル酸化膜である。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る処理装置の一実施の形態を示す断面図である。

図2は、図1のシャワーヘッド構造の下面図である。

図3は、ヘッド距離との関係によるガス吹き出し速度の最適範囲を示す図である。

図4は、アニールを施して改質処理を行った時のガス吹き出し速度とこの時形成された SiO_2 の膜厚（5分間処理）との関係を示すグラフである。

図5は、 O_3 濃度と SiO_2 膜の膜厚との関係を示すグラフである。

図6は、ヘッド距離が 77 mm の時のガス吹き出し速度の上限値を説明するためのグラフである。

図7（A）は、従来の処理装置のシャワーヘッド構造より吹き出されるガスの処理空間におけるガス速度分布のシミュレーション結果を示す図であり、図7（B）は、本発明の処理装置のシャワーヘッド構造より吹き出されるガスの処理空間におけるガス速度分布のシミュレーション結果を示す図である。

図8は、ガス吹き出し速度と SiO_2 膜の膜厚（5分間処理）との関係を示すグラフである。

図9は、ヘッド距離が 15 mm の時のガス吹き出し速度の上限値を説明するためのグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明に係る処理装置及び処理方法の一実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

図1は、本発明に係る処理装置の一実施の形態を示す断面図である。図2は、図1のシャワーヘッド構造の下面図である。図3は、ヘッド距離との関係によるガス吹き出し速度の最適範囲を示す図である。本実施の形態の処理装置は、タンタル酸化膜をアニールして改質するための処理装置である。

図1に示すように、処理装置2は、内部が略円筒形状になされたアルミニウム製の処理容器4を有している。この処理容器4の天井部には、必要な処理ガス、例えば酸素(O_2)とオゾン(O_3)の混合ガス、或いはこれに酸素の活性種($*O$)が加えられた混合ガス、を導入するためのガス供給手段であるシャワーヘッド構造6が設けられている。シャワーヘッド構造6の下面のガス噴射面8には、多数のガス噴射孔が設けられている。そして、多数のガス噴射孔10から処理空間Sに向けて、処理ガスが吹き出すようにして噴射されるようになっている。

シャワーヘッド構造6内には、中空状のガス拡散室12が形成されている。処理ガスは、ガス拡散室12において平面方向へ拡散した後、上記各ガス噴射孔10から吹き出されるようになっている。シャワーヘッド構造6の全体は、例えばニッケルやハステロイ（登録商標）等のニッケル合金、アルミニウム或いはアルミニウム合金により形成されている。シャワーヘッド構造6のガス噴射面8の周縁部には、処理ガスの流れを下方へ案内するために、下方へ突出したリング状の案内突起14が形成されている。そして、このシャワーヘッド構造6と処理容器4の上端開口部との接合部には、例えばOリング等よりなるシール部材16が介在されている。これにより、処理容器4内の気密性が維持されるようになっている。

処理容器4内の側壁4Aには、処理容器4内に対して被処理体としての半導体ウエハWを搬入搬出するための搬出入口18が設けられている。搬出入口18には、気密に開閉可能になされたゲートバルブ20が設けられている。

そして、処理容器4の底部22には、排気落とし込め空間24が形成されてい

る。具体的には、処理容器４の底部２２の中央部に大きな開口２６が形成されており、この開口２６にその下方へ延びる有底円筒体状の円筒区画壁２８が連結されており、円筒区画壁２８の内部が上記排気落とし込み空間２４となっている。この空間２４を区画する円筒区画壁２８の底部２８Ａには、例えば円筒体状の支柱３０が起立している。支柱３０の上端部に、載置台３２が固定されている。

上記排気落とし込み空間２４の入口開口２６の直径は、載置台３２の直径よりも小さく設定されている。これにより、載置台３２の周縁部の外側を流下する処理ガスは、載置台３２の下方に回り込んでから入口開口２６へ流入するようになっている。また、処理容器４の内側壁には、上記載置台３２の下部近傍に向けて内側へ突出するリング状の案内板３４が設けられている。リング状の案内板３４によって、排気される雰囲気ガスが上記入口開口２６へ向けられるようになっている。円筒区画壁２８の下部側壁には、排気落とし込み空間２４に連通する排気口３６が形成されている。排気口３６には、図示しない真空ポンプが介設された排気管３８が接続されている。これにより、処理容器４内及び排気落とし込み空間２４内の雰囲気を排気できるようになっている。

排気管３８の途中には、開度コントロールが可能になされた図示しない圧力調整弁が介設されている。圧力調整弁の開度を自動的に調整することにより、上記処理容器４内の圧力が一定値に維持され得る、或いは、所望する圧力に迅速に変化され得る。

また、上記載置台３２は、加熱手段として、例えば内部に所定のパターン形状に配置された抵抗加熱ヒータ４０を有している。また、載置台３２の外側は焼結された例えばＡ１Ｎ等よりなるセラミックスにより構成されている。そして、載置台３２の上面に被処理体としての半導体ウエハＷが載置され得るようになっている。また、上記抵抗加熱ヒータ４０は、上記支柱３０内に配設された給電線４２に接続されている。これにより、抵抗加熱ヒータ４０への電力が制御されつつ供給されるようになっている。

上記載置台３２には、当該載置台３２を上下方向に貫通する複数、例えば３本のピン挿通孔４４が形成されている（図１においては２つのみ示す）。各ピン挿通孔４４には、押し上げピン４６が上下移動可能に遊嵌状態で挿通されている。

押し上げピン46の下端には、円形リング形状の一部を欠いてなる円弧形状に形成された例えばアルミナのようなセラミックス製の押し上げリング48が連結されている。すなわち、押し上げリング48の上面に、各押し上げピン46の下端が支持されている。押し上げリング48から延びるアーム部48Aが、容器底部22を貫通する出沒ロッド50に連結されており、この出沒ロッド50はアクチュエータ52により昇降可能となっている。これにより、上記各押し上げピン46は、ウエハWの受け渡し時に、各ピン挿通孔44の上端から上方または下方へ出沒するようになっている。また、処理容器4の底部22のアクチュエータ52の出沒ロッド50が貫通する部分とアクチュエータ52との間には、伸縮可能なベローズ54が介設されている。これにより、上記出沒ロッド50は、処理容器4内の気密性を維持しつつ昇降できるようになっている。

ここで、本発明の特徴であるシャワーヘッド構造6について具体的に説明すると、このシャワーヘッド構造6にあつては、図2に示すように、多数のガス噴射孔10が略円形の領域に略均等に分散されて形成されている。各ガス噴射孔10の内径は、例えば0.4～0.8mm程度である。また、ガス噴射孔10の個数は、50～800個程度である。また、本件発明者の知見によれば、ガス噴射孔10が形成されている円形の形成領域56の直径D1は、半導体ウエハWの直径D2（図1参照）と同一、或いは、これよりも小さく設定されるのがよい。好ましくは、上記形成領域56の直径D1は、上記ウエハWの直径D2の70～100%の範囲内に設定されるのがよい。

更に、本実施の形態においては、上記ガス噴射面8と上記載置台32の載置面32Aとの間の距離をヘッド距離L1とすると、上記ヘッド距離L1と上記ガス噴射孔10からのガス吹き出し速度V1との関係が、上記ヘッド距離L1が15mmの時のにおける上記ガス吹き出し速度V1が32m/secのポイントと67m/secのポイントと、上記ヘッド距離L1が77mmの時のにおける上記ガス吹き出し速度V1が40m/secのポイントと113m/secのポイントと、をそれぞれ直線で四角形状に結んだ時に囲まれる範囲内、すなわち、図3に示すグラフにおいて斜線で示される範囲内、になるように設定される。

このように、ヘッド距離L1とガス吹き出し速度V1との関係が図3に示す斜

線の範囲内に設定されることにより、後述するように、ウエハ面上におけるガス流の表面速度が最適化されて、処理の面内均一性が高く維持され得ると共に、処理効率及びスループットが向上され得る。

次に、以上のように構成された処理装置の動作について説明する。

まず、半導体ウエハWの搬入に先立って、例えば図示しないロードロック室に接続された処理装置2の処理容器4内が、例えば真空引きされる。また、ウエハWを載置するための載置台32が、加熱手段である抵抗加熱ヒータ40によって所定の温度に昇温されて安定的に維持される。

このような状態において、まず、未処理の半導体ウエハWが、図示しない搬送アームに保持されて、開状態とされているゲートバルブ20、搬出入口18を介して処理容器4内へ搬入される。このウエハWは、上昇されている押し上げピン46上に受け渡される。その後、この押し上げピン46が降下されることにより、ウエハWが載置台32の上面に載置され支持される。尚、本実施の形態のシリコン基板よりなるウエハWの表面には、前工程で、金属酸化膜として例えばタンタル酸化膜が形成されている。

次に、シャワーヘッド構造6へ、処理ガスとして例えば O_2 や O_3 を含む処理ガスが流量制御されつつ供給される。このガスは、ガス噴射孔10より吹き出されて（噴射されて）、処理空間Sへ導入される。そして、排気管38に設けられた真空ポンプ（不図示）の駆動を継続することにより、処理容器4内及び排気落とし込め空間24内の雰囲気が真空引きされ、更に、圧力調整弁の弁開度が調整されて処理空間Sの雰囲気が所定のプロセス圧力に維持される。この時、ウエハWの温度は例えば660℃程度に維持される。これにより、半導体ウエハWの表面のタンタル酸化膜がアニールされて、上記 O_2 や O_3 等により改質されることになる。

この時、前述したように、上記ヘッド距離L1と上記ガス噴射孔10からのガス吹き出し速度V1との関係が、上記ヘッド距離L1が15mmの時ににおける上記ガス吹き出し速度V1が32m/secのポイントP1と67m/secのポイントP2と、上記ヘッド距離L1が77mmの時ににおける上記ガス吹き出し速度V1が40m/secのポイントP3と113m/secのポイントP4と、

をそれぞれ直線で結んだ時に囲まれる範囲内、すなわち、図3に示すグラフにおいて斜線で示される範囲内、になるように設定されている。

このように、ヘッド距離 L_1 とガス吹き出し速度 V_1 との関係が図3に示す斜線の範囲内に設定されることにより、ウエハ面上におけるガス流の表面速度が最適化されて、処理の面内均一性が高く維持され得ると共に、処理効率及びスループットが向上され得る。

この点について、以下に詳細に説明する。

図4は、直径が200mmのシリコン基板よりなる半導体ウエハに対してアニール処理が施されて改質処理された時のガス吹き出し速度とこの時形成された SiO_2 の膜厚との関係を示すグラフである。図5は、 O_3 濃度と SiO_2 膜の膜厚との関係を示すグラフである。図6は、ヘッド距離が77mmの時のガス吹き出し速度の上限値を説明するためのグラフである。

図4に示すように、改質能力を評価するために、シャワーヘッド構造6のガス噴射孔10から吹き出されるガスの吹き出し速度 V_1 と、この時形成される SiO_2 膜の膜厚との関係が調べられた。用いられたウエハのサイズは200mmであり、ヘッド距離 L_1 は77mmであった。また、プロセス温度は660°C、プロセス圧力は30 Torr (4000 Pa)であった。更に、図4の曲線A、Bにおいては、 O_3 ガスの流量は10000 sccmで一定であり、トータル流量の1.30%が O_3 ガスで置換された。また、吹き出し速度を変化させるために、 N_2 ガスが0~7000 sccmの範囲で適宜変更して添加された。また、図4の曲線Cにおいては、 O_3 ガスの流量が7000~10000 sccmで変化され、トータル流量の1.30%が O_3 ガスで置換され、また、 N_2 ガスは添加されなかった。

尚、ここでは、改質処理能力が SiO_2 膜の膜厚（成膜レート）で評価される。その理由は、改質処理能力が高くなるほど、 SiO_2 膜の成膜レートも高くなり、結果として、同一時間内の改質処理においては、 SiO_2 膜の厚いものの方が改質処理能力が高いと判断できるためである。

また、吹き出し速度 V_1 を変化させるために、 O_3 ガス流量あるいは N_2 ガス流量がそれぞれ変化された。この場合、吹き出し速度 V_1 のみならず O_3 濃度も

変化する。しかし、図5に示すように、 SiO_2 膜の膜厚と O_3 濃度との関係は、少なくとも本実施例で用いる O_3 濃度の範囲においては、略フラット（平坦）となっており、すなわち、 O_3 濃度の SiO_2 膜の膜厚に対する依存性は非常に小さい。従って、図4における SiO_2 成膜レートの変化は、以下に説明するように、ガス吹き出し速度 V_1 に依存する、と言い得る。尚、図5の場合、 O_3 濃度は0.5～2.5%の範囲で変化された。

また、ガス吹き出し速度 V_1 は、以下の式にて示される。

$$V_1 = Q \cdot (273 + T) / (K \cdot A \cdot P \cdot 273)$$

Q：ガス流量 (sccm)

A：シャワーヘッド全吹き出し口面積 (m^2)

P：シャワーヘッド吹き出し口における圧力 (Pa)

T：シャワーヘッド温度 ($^{\circ}\text{C}$)

K：変換定数 = 592

さて、図4において、曲線A上にプロットされているデータでは、ガス噴射孔10の内径が0.8mm、数が368個であった。これらのデータは、従来のシャワーヘッド構造に対応している。特に、曲線A上のデータの内最も左側のポイントA1で表される条件の下で、従来の改質アニール処理が行われている。

曲線B上にプロットされているデータでは、ガス噴射孔10の内径が0.8mm、数が140個であった。曲線C上にプロットされているデータでは、ガス噴射孔10の内径が0.8mm、数が88個であった。尚、ガス噴射孔10の数が140個或いは88個のシャワーヘッド構造は、従来のシャワーヘッド構造において最外周側より数列のガス噴射孔10を封止することにより、それぞれ容易に実現することができる。

図4のグラフから明らかなように、全体的にガス吹き出し速度 V_1 を上げることにより、改質処理によって形成される SiO_2 の膜厚（成膜レート）も上昇されることが判明する。

この場合、曲線Aに対応する従来のシャワーヘッド構造では、ポイントA1での膜厚は20Å程度であった。ガス吹き出し速度 V_1 を上げると、40m/se

c程度まで膜厚は増加する。しかし、それ以上ガス吹き出し速度を上げて、23 Å程度で飽和してしまつて膜厚はそれ以上増加しない。

これに対して、曲線B及び曲線Cに対応するように、ガス噴射孔10の数を少なくしてガス吹き出し速度V1をより大きい範囲まで上げた場合には、ガス吹き出し速度V1が70~113 m/secの範囲で、SiO₂の膜厚が24~25 Å程度まで上昇された、すなわち高い成膜レートが得られた。ガス噴射孔10の数が368個の従来の場合であつて従来のガス吹き出し速度に対応するポイントA1における5分間での成膜レートの上限值が20 Å程度であることに鑑みると、新規かつ好適なガス吹き出し速度V1の下限値はSiO₂膜厚が23 Åとなる40 m/sec程度となる。より好ましくは、ガス吹き出し速度V1の下限値は従来のシャワーヘッド構造では達成できない5分間での成膜レートが24 Å程度となる70 m/sec程度である。

ここで、ガス吹き出し速度V1の上限值について検討された。

図6に示すように、ここでは、ガス吹き出し速度V1が113 m/sec (図4中のポイントC1に対応)の場合と207 m/secの場合とについて、ウェハ半径方向のSiO₂の膜厚に関して検討された。他のプロセス条件は、図4にて説明した条件と同様であつた。

図6に示すように、ガス吹き出し速度が113 m/secの場合には、膜厚の凹凸はそれ程激しくはなく、膜厚の面内均一性も3.82%であつて良好な結果であつた。これに対して、ガス吹き出し速度が207 m/secの場合には、ガス吹き出し速度が過度に大きいことから、ガス噴射孔10に対応する部分の膜厚が極端に薄くなつてしまい(パターンが転写されてしまい)、全体として大きな凹凸が発生している。

このため、このガス吹き出し速度が207 m/secの場合には、膜厚の面内均一性が15.63%まで低下してしまい、好ましくない結果であつた。このようにガス吹き出し速度V1を大きくすると成膜レートが上昇する理由は、ウェハ面上におけるガスの表面速度が増加し、これに起因してタンタル酸化膜に対するO₂ガスやO₃ガスによる酸化力が増大するものと考えられる。

以上より、ヘッド距離L1が77 mmの場合には、新規かつ好適なガス吹き出

し速度V1の上限値は 113 m/sec であり、下限値は 40 m/sec であると言える。

また、図4において、曲線Aに対応する条件での膜厚の面内均一性は $9.86 \sim 14.98\%$ 程度であってそれ程良好ではなかったが、曲線B及び曲線Cに対応する条件での膜厚の面内均一性は $3.32 \sim 3.82\%$ 程度であって大変良好であった。

なお、ガス噴射孔10が140個（曲線B）或いは88個（曲線C）形成されている形成領域56（図1及び図2参照）の直径D1は、ウエハWの直径D2と同一、或いは、これよりも小さく設定されている。例えば直径D1は、直径D2の $70 \sim 100\%$ の範囲内に設定されている。これにより、膜厚の面内均一性が一層向上されている。因みに、ガス噴射孔の数が368個（曲線A）の場合には、形成領域56の直径D1は、ウエハWの直径D2よりも僅かに大きく設定されていた。

ここで、従来の処理装置のシャワーヘッド構造と本発明に係る処理装置のシャワーヘッド構造とからそれぞれ吹き出されるガスの処理空間におけるガス速度の分布がシミュレーションされた。そのシミュレーション結果について説明する。

図7は、上記シミュレーション結果を示すグラフであり、処理容器内の右半分の状態を示している。図7（A）は、従来の処理装置のシャワーヘッド構造より吹き出されたガス速度の分布を示しており、図4中の曲線Aに対応するものである。図7（B）は本発明の処理装置のシャワーヘッド構造より吹き出されたガス速度の分布を示しており、図4中の曲線Bまたは曲線Cに対応するものである。尚、図中、白色により近い部分程、ガスの速度がより高い領域を示している。

図7（A）に示すように、従来装置の場合には、ウエハWの表面上でガス速度はそれ程速くなく、ウエハWの外周の部分においてのみ流速が速くなっているに過ぎない。これに対して、図7（B）に示すように、本発明装置の場合には、ウエハWの表面上の大部分でガス流速が速くなっている。

さて、上記装置は、 200 mm のウエハサイズに対応しており、ヘッド距離L1が 77 mm 程度の処理装置であった。しかしながら、ウエハサイズは限定されず、例えば 300 mm のウエハサイズに対応する処理装置についても本発明は適

用することができる。300mmのウエハサイズに対応する処理装置の場合には、載置台32やシャワーヘッド構造6の各直径は、上記ウエハサイズに対応して当然のこととして大きくなる。しかし、ヘッド距離L1は、装置小型化の要請により、逆に小さく設定され、例えば15mm程度に設定され得る。

ここで、上記ヘッド距離L1が15mmの場合の300mmウエハ対応の処理装置について、先に説明したのと同様な実験を行った。この結果、ガス吹き出し速度V1の新規かつ好適な上限値は、略67m/sec程度であった、すなわち、ウエハサイズ200mm対応の処理装置の場合の上限値である113m/secよりも低くなった。この理由は、上述のようにヘッド距離L1が77mm程度から15mm程度に小さくなったため、より転写が起こり易くなったものと推測される。また、この時のガス吹き出し速度の下限値は、5分間の成膜レートの最小値を23Å程度とすると、32m/sec程度、好ましくは40m/sec程度であった。

ここでのガス噴射孔10は、流速を早く維持しつつ、転写を極力押さえ、且つ、均一な流れを達成するために、直径を0.4mmとし、ガス噴射孔10の数は761個とされた。また、プロセス温度は660℃、プロセス圧力は30 Torr (4000 Pa)であった。吹き出し速度V1を変化させるために、O₂ガスの流量は6000~10000 sccm、N₂ガスの流量は0~9000 sccmの範囲で変化された。この際、O₂ガス流量は、トータル流量の0.68%~2.17%の範囲で変化された。

図8は、ガス吹き出し速度V1と、この時形成されるSiO₂膜の膜厚(5分間処理)との関係を示すグラフである。図8に示すように、ガス吹き出し速度V1が32m/sec~102m/secの全流域で、従来の成膜レートである20Å(図4におけるポイントA1に相当)を上回る結果を得ることができた。尚、吹き出し速度V1が32m/secよりも小さい領域では、O₂ガス流量を6000 sccm以下に設定する必要がある。しかしながら、このようにO₂ガス流量が減少するとオゾン発生器からのオゾン発生が安定的に行われなくなるため、この領域でのデータは採取できなかった。

また、図9は、ヘッド距離が15mmの時のガス吹き出し速度の上限値を説明

するためのグラフである。図9に示すように、ガス吹き出し速度 V_1 が 67 m/sec の場合には、膜厚の凹凸はそれ程激しくなくて、膜厚の面内均一性も 3.5% であって良好な結果であった。これに対して、ガス吹き出し速度 V_1 が 102 m/sec の場合には、激しい転写が起きてしまい、全体として大きな凹凸が発生して、膜厚の面内均一性も 7.2% となって良好でない。従って、ガス吹き出し速度 V_1 の上限値は、 67 m/sec であると言える。

一方、ガス吹き出し速度 V_1 の下限値は、上述のようにさらに低い流速であることが予想されるが、大きくとも 32 m/sec である。これにより、図3中にてポイントP1～P4で囲まれる斜線で示される範囲が、適正範囲となる。尚、今後の技術革新により、ヘッド距離が 15 mm よりも更に小さな処理装置が開発されたならば、この適正領域は図3中にて更に左側の領域に延びることが予測される。

以上のようにして、図3においてポイントP1、P2、P4、P3で囲まれる斜線の範囲が、改質アニール処理を行う上で最適な条件となる範囲であることが判明した。

そして、上記図3に示す斜線の範囲内において、ヘッド距離 L_1 及びガス吹き出し速度 V_1 を任意に設定することにより、前述したように、処理の面内均一性を高く維持できると共に、処理効率を向上させてスループットも向上させることができる。

尚、上記実施例におけるガス噴射孔10の直径や数量は、単に一例を示したに過ぎず、これに限定されないのは勿論である。

また、上記実施の形態では、タンタル酸化膜のアニール改質処理を行う処理装置が説明されているが、これに限定されず、熱CVD処理装置、プラズマCVD処理装置、エッチング処理装置、酸化拡散処理装置、スパッタ処理装置等についても本発明を適用することができる。

また、本実施の形態では被処理体として半導体ウエハを用いているが、これに限定されず、LCD基板、ガラス基板等を用いることができるのは勿論である。

請求の範囲

1. 処理容器と、

前記処理容器の天井部に設けられ、前記処理容器の内部側に面するガス噴射面に所定の処理ガスを前記処理容器内に吹き出す複数のガス噴射孔が形成されたシャワーヘッド構造と、

前記処理容器内において、前記シャワーヘッド構造に対向するように配置された載置台と、
を備え、

前記ガス噴射面と前記載置台との間のヘッド距離と前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度とが、前記ヘッド距離を横軸にとり前記ガス吹き出し速度を縦軸にとった平面座標系において、前記ヘッド距離が15 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が32 m/secのポイントと、前記ヘッド距離が15 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が67 m/secのポイントと、前記ヘッド距離が77 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が40 m/secのポイントと、前記ヘッド距離が77 mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が113 m/secのポイントと、を四角形状に直線で結んで囲まれる範囲内に設定されていることを特徴とする処理装置。

2. 前記ガス噴射面における前記ガス噴射孔の形成領域は、円形状であり、前記載置台上に載置される被処理体も、円形状であることを特徴とする請求項1に記載の処理装置。

3. 前記ガス噴射面における前記ガス噴射孔の形成領域の直径は、前記被処理体の直径に対して、同一あるいは小さく設定されていることを特徴とする請求項2に記載の処理装置。

4. 前記ガス噴射面における前記ガス噴射孔の形成領域の直径は、前記被処

理体の直径の70～100%である
ことを特徴とする請求項3に記載の処理装置。

5. 前記処理ガスは、前記被処理体の表面に形成されている金属酸化膜を改質するためのオゾン含有ガスである
ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の処理装置。

6. 前記金属酸化膜は、タンタル酸化膜である
ことを特徴とする請求項5に記載の処理装置。

7. 処理容器と、
前記処理容器の天井部に設けられ、前記処理容器の内部側に面するガス噴射面に所定の処理ガスを前記処理容器内に吹き出す複数のガス噴射孔が形成されたシャワーヘッド構造と、
前記処理容器内において、前記シャワーヘッド構造に対向するように配置された載置台と、
を備えた処理装置を用いて、被処理体に所定の処理を施す方法であって、
前記ガス噴射面と前記載置台との間のヘッド距離と前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度とを、前記ヘッド距離を横軸にとり前記ガス吹き出し速度を縦軸にとった平面座標系において、前記ヘッド距離が15mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が32m/secのポイントと、前記ヘッド距離が15mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が67m/secのポイントと、前記ヘッド距離が77mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が40m/secのポイントと、前記ヘッド距離が77mmの時ににおける前記ガス噴射孔からのガス吹き出し速度が113m/secのポイントと、を四角形状に直線で結んで囲まれる範囲内に設定する工程と、
前記載置台上に被処理体を載置する工程と、
前記ガス噴射孔から前記処理容器内に前記処理ガスを導入する工程と、
を備えたことを特徴とする処理方法。

8. 前記処理ガスは、前記被処理体の表面に形成されている金属酸化膜を改質するためのオゾン含有ガスであることを特徴とする請求項 7 に記載の処理方法。

9. 前記金属酸化膜は、タンタル酸化膜であることを特徴とする請求項 8 に記載の処理方法。

1/9

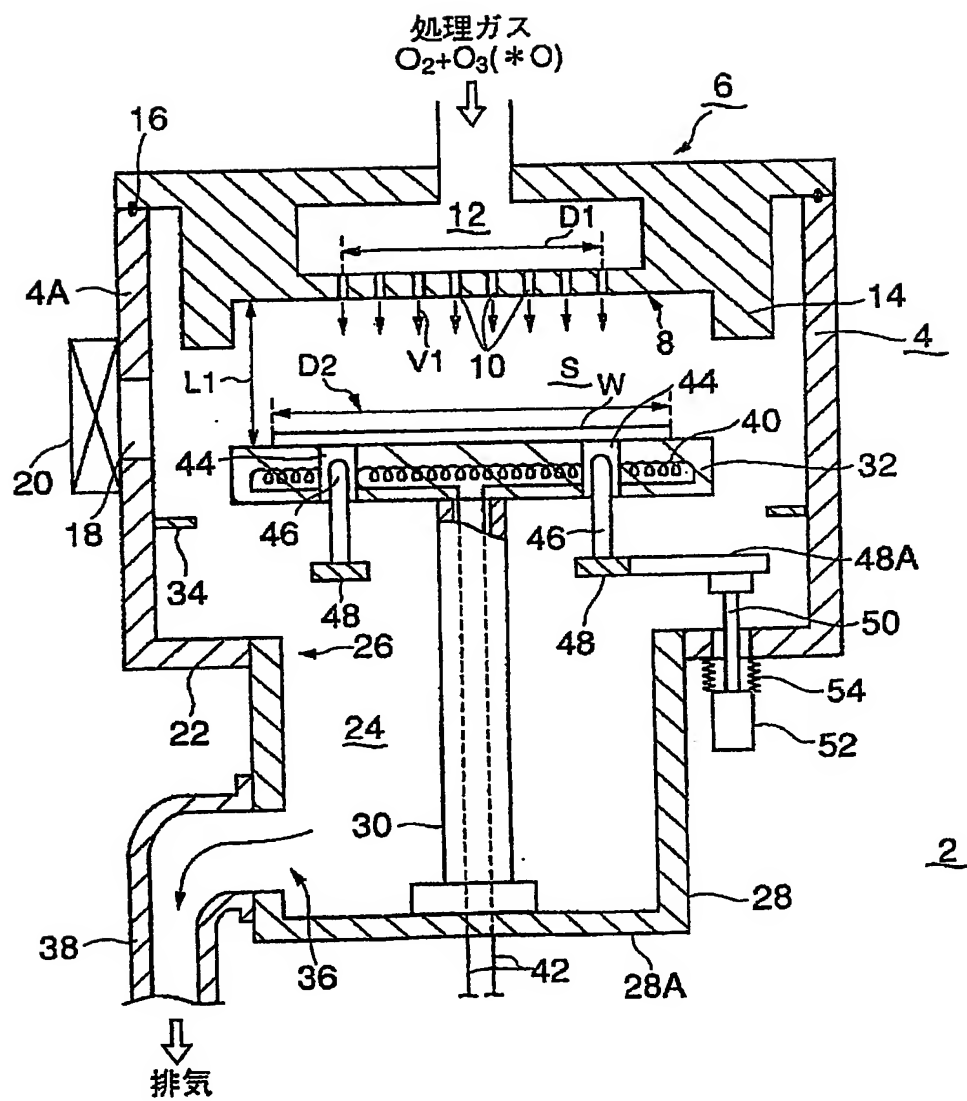


FIG. 1

2/9

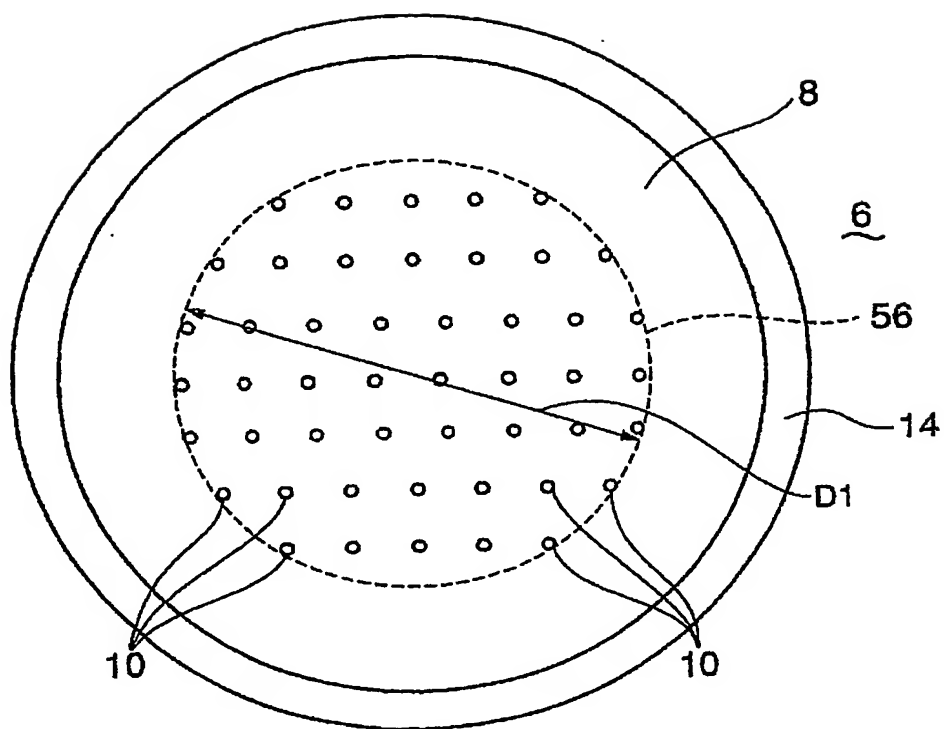


FIG. 2

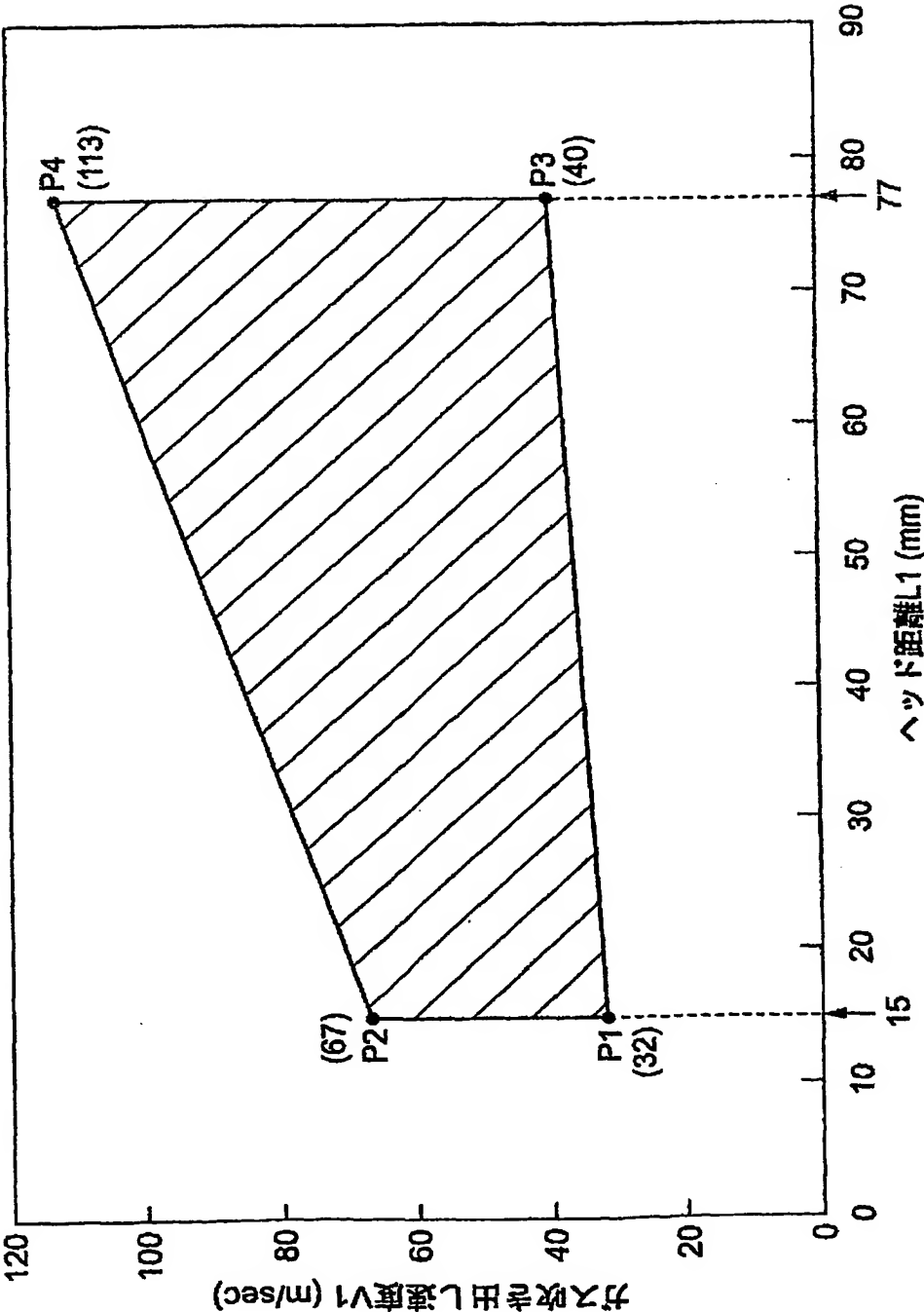


FIG. 3

4/9

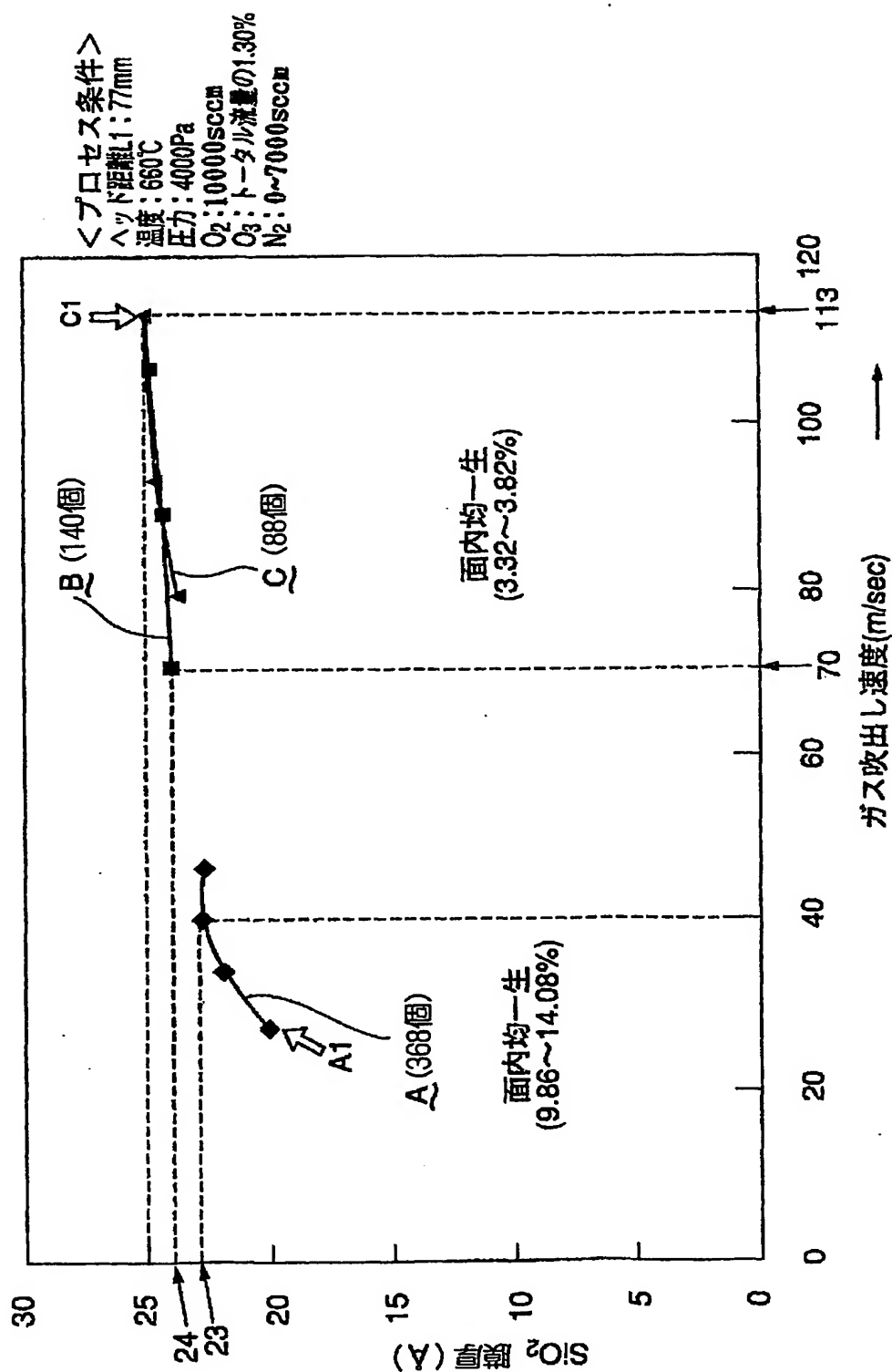


FIG. 4

5/9

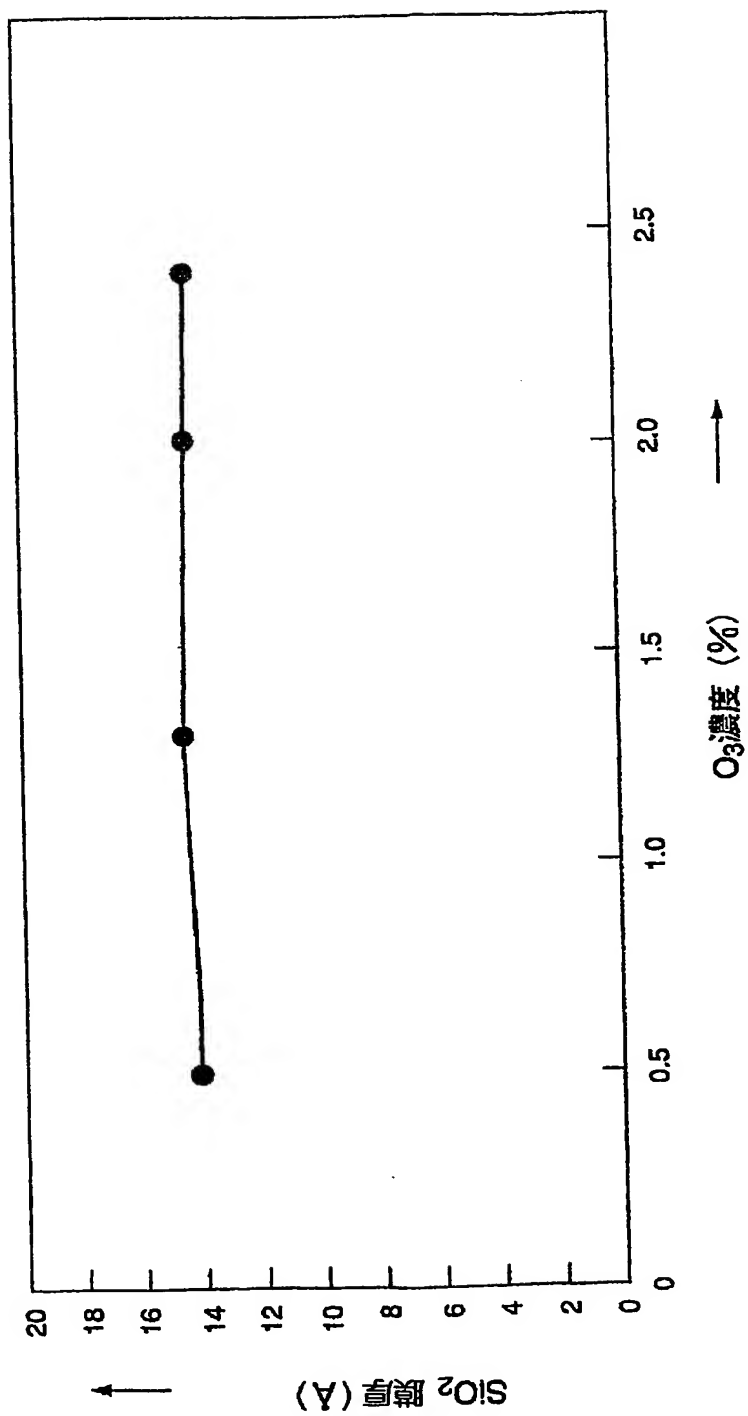


FIG. 5

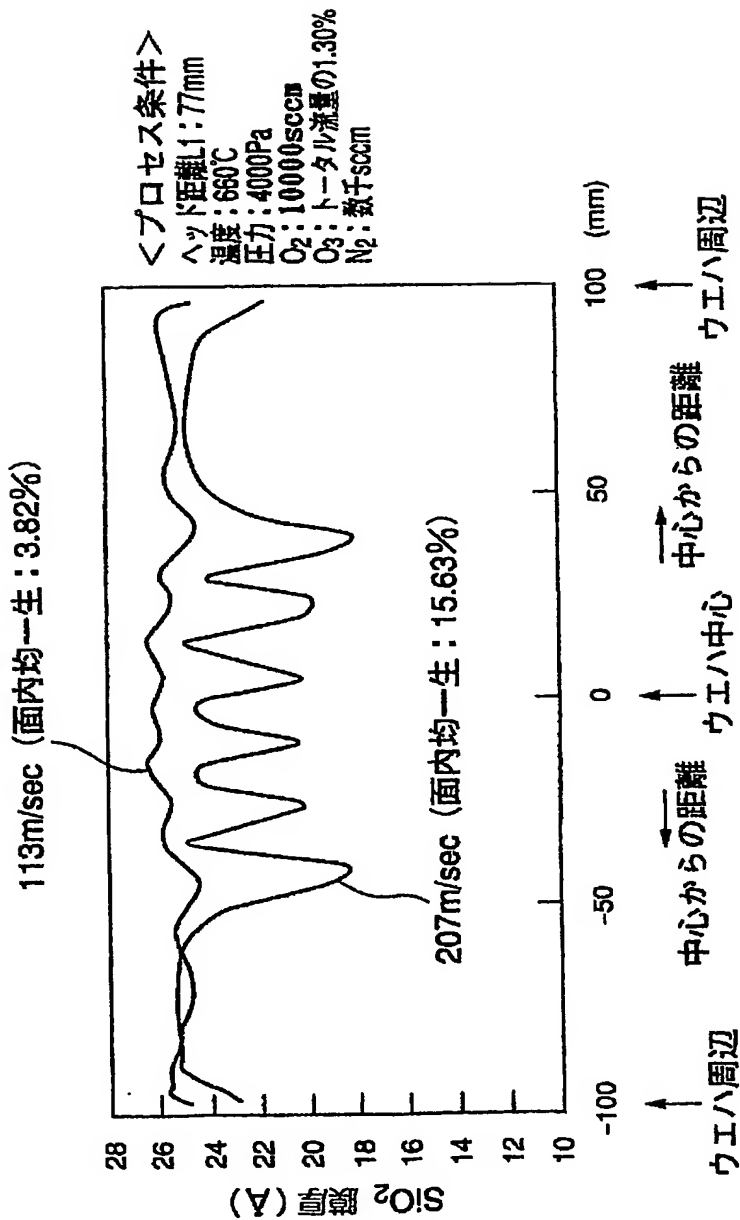


FIG. 6

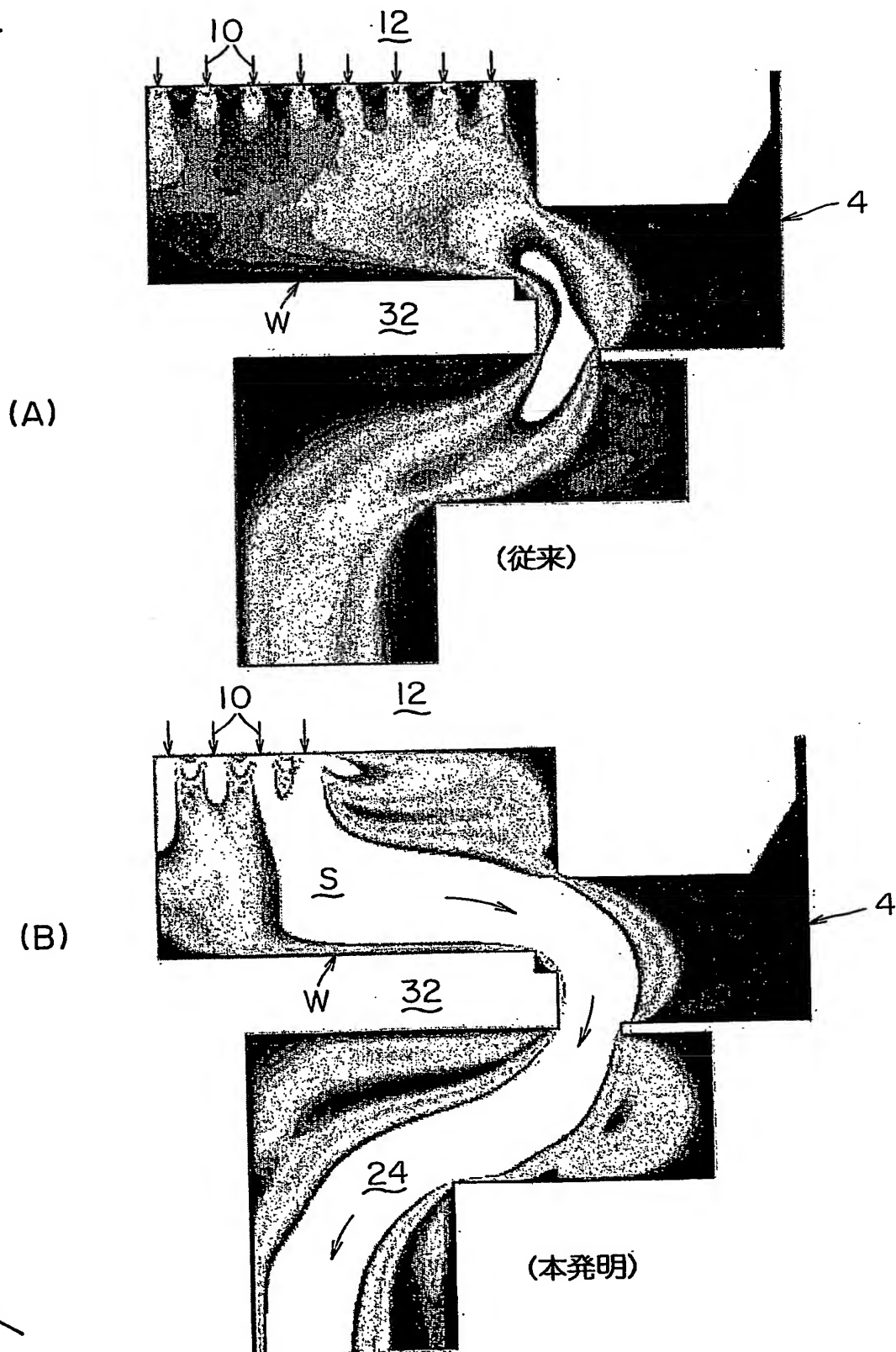


FIG. 7

8/9

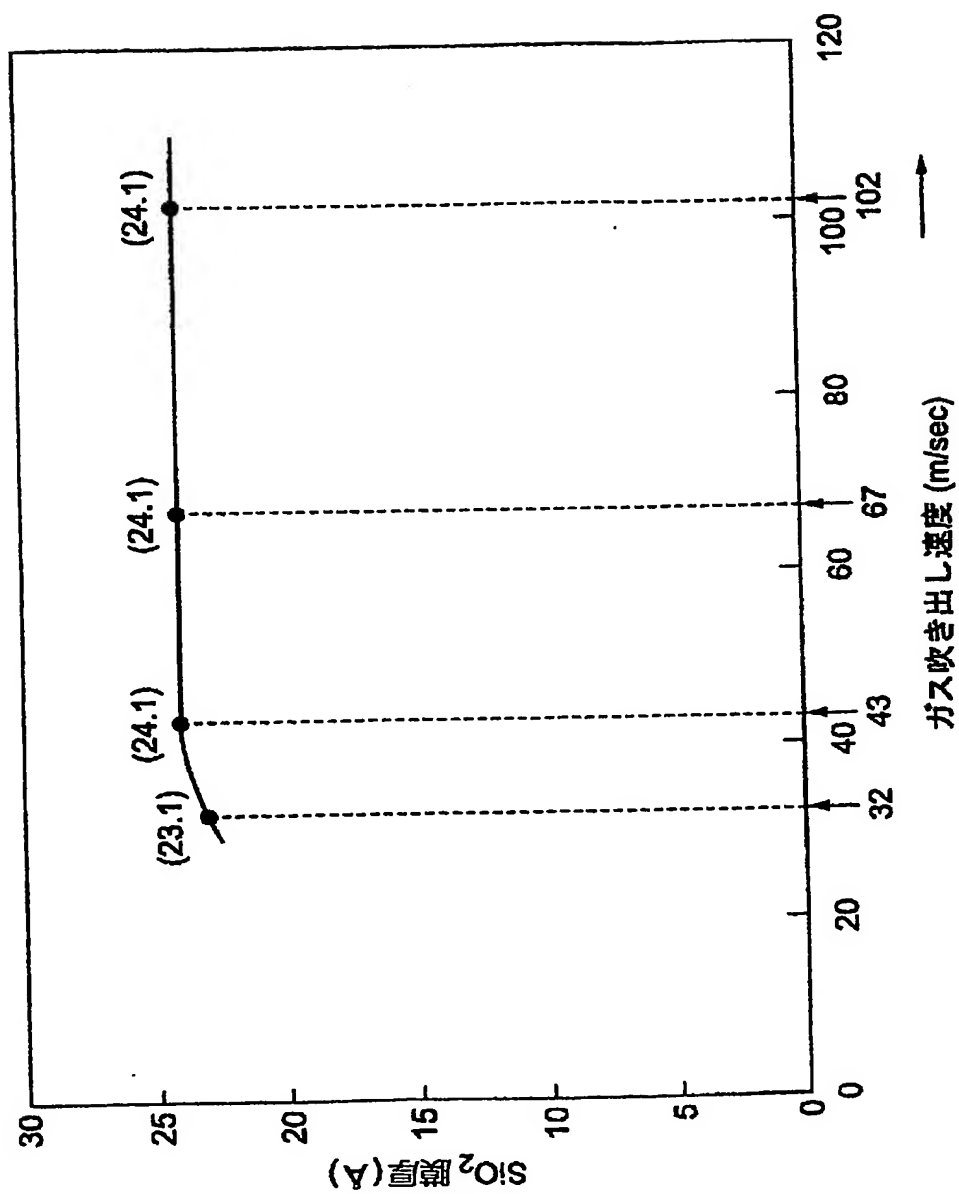


FIG. 8

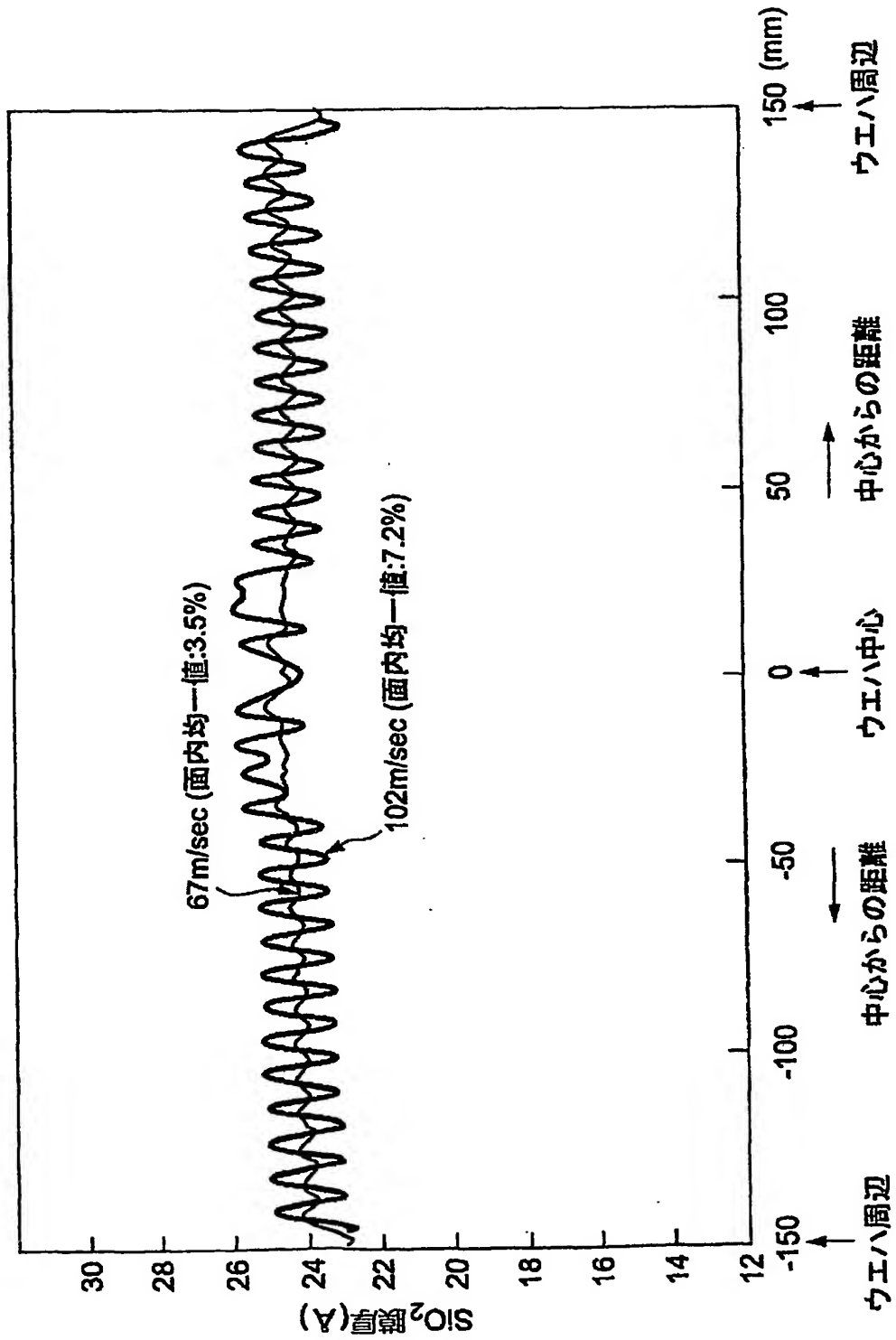


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05123

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/302

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/302, C23C16/00-16/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | US 6228173 B1 (Tokyo Electron Limited, Ltd.), 08 May, 2001 (08.05.01), Full text & JP 2000-182974 A | 1, 5-9 |
| A | US 6126753 A (Tokyo Electron Limited, Ltd.), 03 October, 2000 (03.10.00), Column 13, line 60 to column 19, line 11 & JP 2000-087244 A | 1-4 |
| A | US 6113700 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 05 September, 2000 (05.09.00), Column 6, line 50 to column 7, line 11 & JP 11-204444 A Par. No. [0020] | 1 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 07 July, 2003 (07.07.03)

Date of mailing of the international search report
 22 July, 2003 (22.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05123

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP 9-017778 A (Fujitsu Ltd.), 17 January, 1997 (17.01.97), Page 3, line 20 (Family: none) | 1 |
| A | JP 2001-185544 A (Tokyo Electron Ltd.), 06 July, 2001 (06.07.01), Page 7; tables 1, 2 (Family: none) | 1 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/302

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/302, C23C16/00-16/56

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A | US 6228173 B1 (Tokyo Electron Limited, Ltd.) 2001.05.08, 全文 & JP 2000-182974 A | 1, 5-9 |
| A | US 6126753 A (Tokyo Electron Limited, Ltd.) 2000.10.03, 第13欄 第60行-第19欄第11行 & JP 2000-087244 A | 1-4 |
| A | US 6113700 A (Samsung Electronics Co., Ltd.) 2000.09.05, 第6欄 第50行~第7欄第11行 & JP 11-204444 A, 段落【0020】 | 1 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.07.03

国際調査報告の発送日

22.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

池淵 立

4 R

8831

電話番号 03-3581-1101 内線 3469



C (続き). 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A | JP 9-017778 A (富士通株式会社) 1997. 01. 17, 第3頁第20行, (ファミリーなし) | 1 |
| A | JP 2001-185544 A (東京エレクトロン株式会社) 2001. 07. 06, 第7 頁の表1, 表2, (ファミリーなし) | 1 |